SNI 7123:2019

Standar Nasional Indonesia

# Peralatan uji alir fluida sumur panas bumi

ICS 07.060

Badan Standardisasi Nasional

# Daftar isi

## Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) 7123:2019 dengan judul *Peralatan uji alir fluida sumur panas bumi* merupakan revisi dari SNI 13-7123-2005, *Kriteria peralatan uji alir fluida sumur panas bumi*. Standar ini direvisi karena menyesuaikan dengan kondisi saat ini.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 27-05, Panas Bumi dan telah dibahas dalam rapat konsensus lingkup Komite Teknis pada tanggal 27 September 2018 di kantor Direktorat Panas Bumi yang dihadiri oleh wakil-wakil dari pemerintah, produsen, konsumen, akademisi dan institusi terkait lainnya. SNI ini juga telah melalui konsensus nasional yaitu jajak pendapat pada tanggal 10 Oktober 2018 s/d tanggal 9 Desember 2018. Penulisan dalam standar ini disesuaikan dengan ketentuan yang ada dalam Peraturan Kepala BSN Nomor 4 Tahun 2016 Pedoman Penulisan Standar Nasional Indonesia.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.

# Peralatan uji alir fluida sumur panas bumi

## 1 Ruang lingkup

Standar ini mencakup kriteria dan spesifikasi peralatan untuk pelaksanaan uji alir fluida sumur panas bumi

## 2 Acuan normatif

Dokumen acuan berikut sangat diperlukan untuk penerapan dokumen ini. Untuk acuan bertanggal, hanya edisi yang disebutkan yang berlaku. Untuk acuan tidak bertanggal, berlaku edisi terakhir dari dokumen acuan tersebut (termasuk seluruh perubahan/ amandemennya).

SNI 0076, *Tali kawat baja*

SNI 1726, *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*

SNI 1727, *Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain*

SNI 8662, *Uji alir fluida sumur panas bumi*

ASME BPVC.VIII.1, *Rules for Construction of Pressure Vessels*

ASME B16.5*, Pipe Flanges and Flanged Fittings*

ASME B30.26, *Safety Standard for Cableways, Cranes, Derricks, Hoists, Hooks, Jacks, and Slings*

ASME B31.1, *Power Piping*

ASME B40.1, *Pressure gauge and gauge attachments*

ASTM A193, *Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting Materials for High-Temperature Service*

ASTM A194, *Standard Specification for Carbon Steel, Alloy Steel, and Stainless Steel Nuts for Bolts for High Pressure or High Temperature Service, or Both*

ASTM E-1675, *Standard Practice for Sampling Two-Phase Geothermal Fluid for Purpose of Chemical Analysis*

ASTM F1145, *Standard Specification for Turnbuckles, Swaged, Welded, Forged*

EN-13411, *Terminations for steel wire ropes Safety Part 5: U-bolt wire rope grips*

ISO 5167-2*, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full -- Part 2: Orifice plates*

## 3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan dokumen ini, istilah dan definisi berikut ini berlaku

**3.1**
***Atmospheric Flash Tank (AFT)***
bejana pemisah uap dan *brine*

**3.2**
***brine***
fluida fasa cair yang berasal dari reservoir panas bumi

**3.3**
**fluida dua fasa**
fluida yang berasal dari reservoir panas bumi yang terdiri atas campuran *brine* dan uap panas bumi

**3.4**
**lempeng orifis (*orifice plate*)**
lempeng datar, tipis dengan ukuran tertentu yang mempunyai satu lubang di tengah dan ditempatkan pada pipa uji

**3.5**
**semburan**
proses keluarnya fluida panas bumi dari reservoir ke permukaan melalui sumur bor

**3.6**
***stack***
cerobong yang merupakan bagian dari *AFT*

**3.7**
**tekanan kritis**
tekanan yang terbaca pada manometer yang dihubungkan dengan pipa *lip* (*lip pipe*)

**3.8**
**uap**
fluida fasa gas dengan senyawa $H_2O$ yang berasal dari reservoir panas bumi

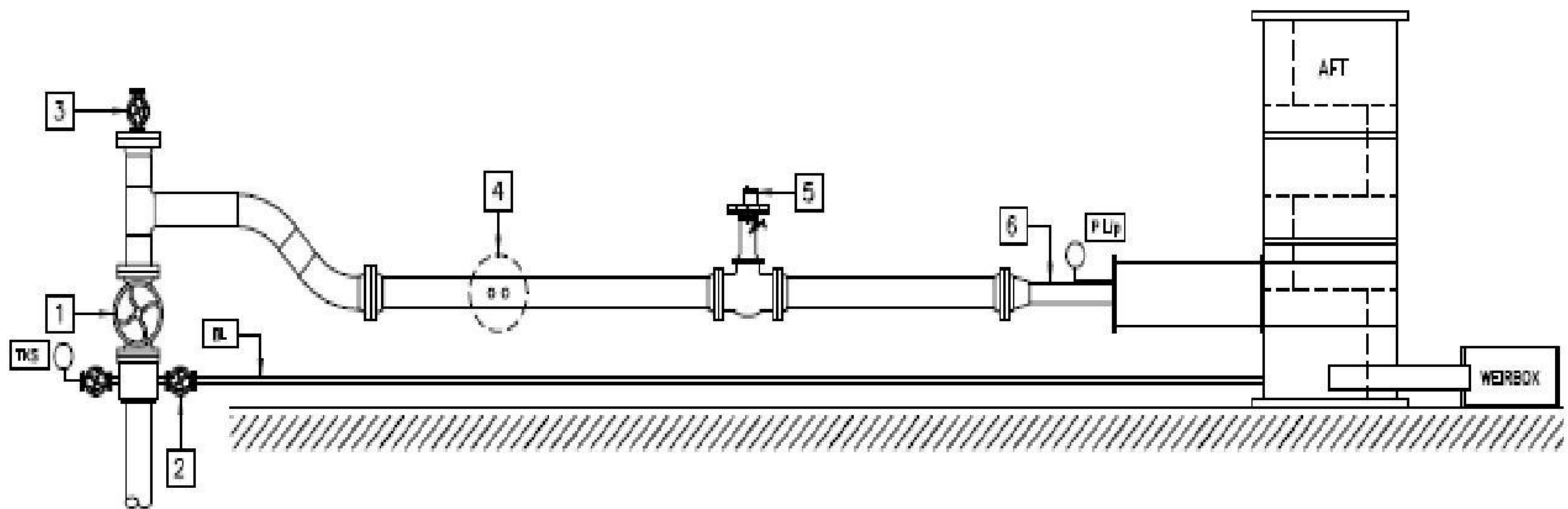
**3.9**
**uji alir sumur panas bumi**
proses pengukuran parameter fisis dan kimia selama periode tertentu untuk penghitungan potensi sumur panas bumi dalam keadaan semburan secara terus menerus

## 4 Spesifikasi peralatan uji alir

### 4.1 Metode pipa *lip*

Beberapa komponen utama dari uji alir metode pipa *lip* antara lain:

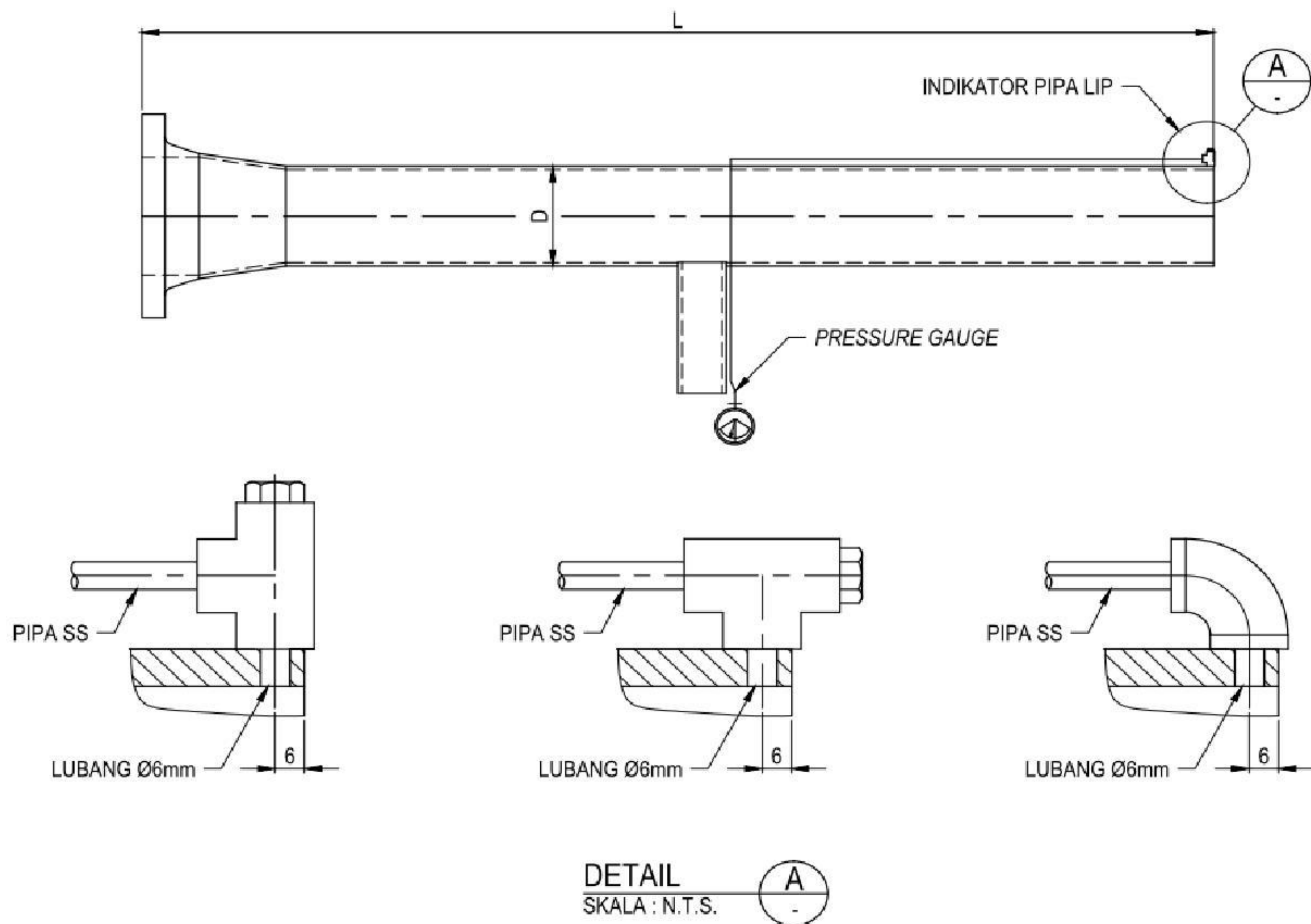
1. *master valve* - *valve* utama untuk isolasi sumur, tidak boleh digunakan untuk mengatur aliran;
2. *bleed line with bleeding valve* – jalur untuk membuang gas dan memanaskan sumur;
3. *flow control valve* – *valve* untuk mengatur aliran selama uji alir;
4. *two-phase flow line with sampling point* – jalur pipa untuk mengalirkan fluida dua fasa ke pipa *lip*, titik pengambilan sampel uap dan sampel *brine*;
5. *lip pipe* – pipa untuk mengukur tekanan kritis fluida dua fasa, dilengkapi dengan alat pengukur tekanan;
6. *AFT*/*silencer stack* – bejana pemisah uap dan *brine*;
7. *weir box* (seperti *V-notch weir*) – saluran terbuka untuk mengukur laju alir *brine*; dan
8. alat ukur lain yang dapat digunakan untuk menghitung laju alir *brine* (antara lain *ultrasonic meter*, lempeng orifis, *manometer sight glass*, *differential pressure transmitter*).

Gambar 1 menunjukkan sistematika peralatan uji alir metode pipa *lip*

**Keterangan gambar:**
1. *master valve*
2. *side/bleeding valve*
3. *crown/top valve*
4. *sampling port*
5. *Flow Control Valve (FCV)*
6. *lip pipe*

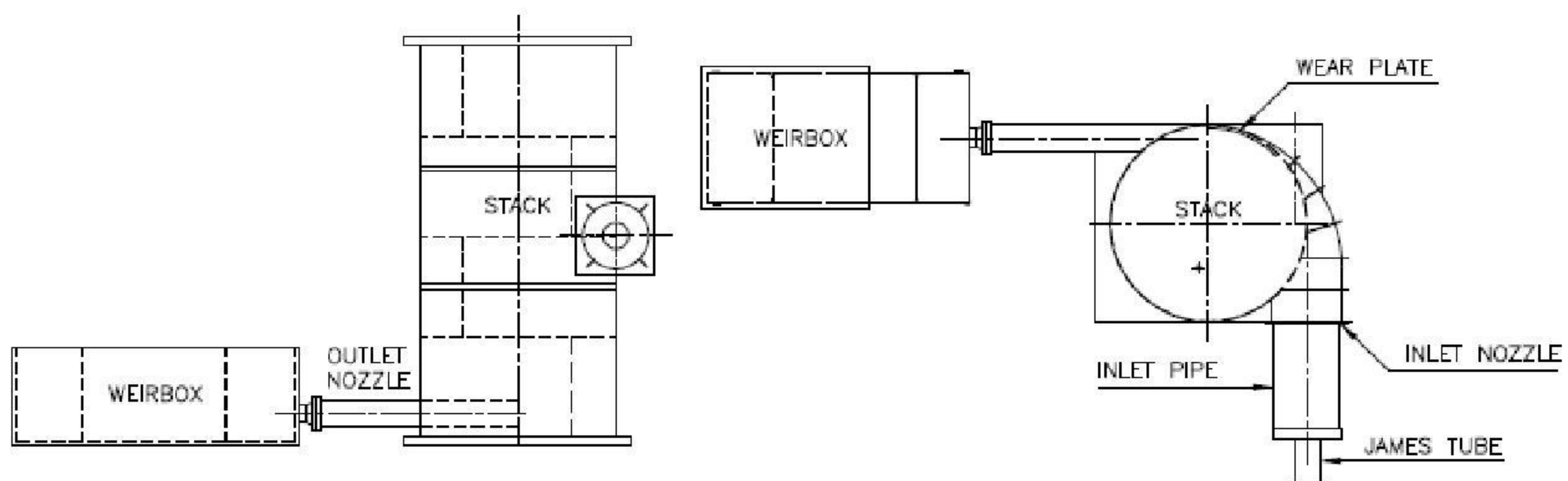
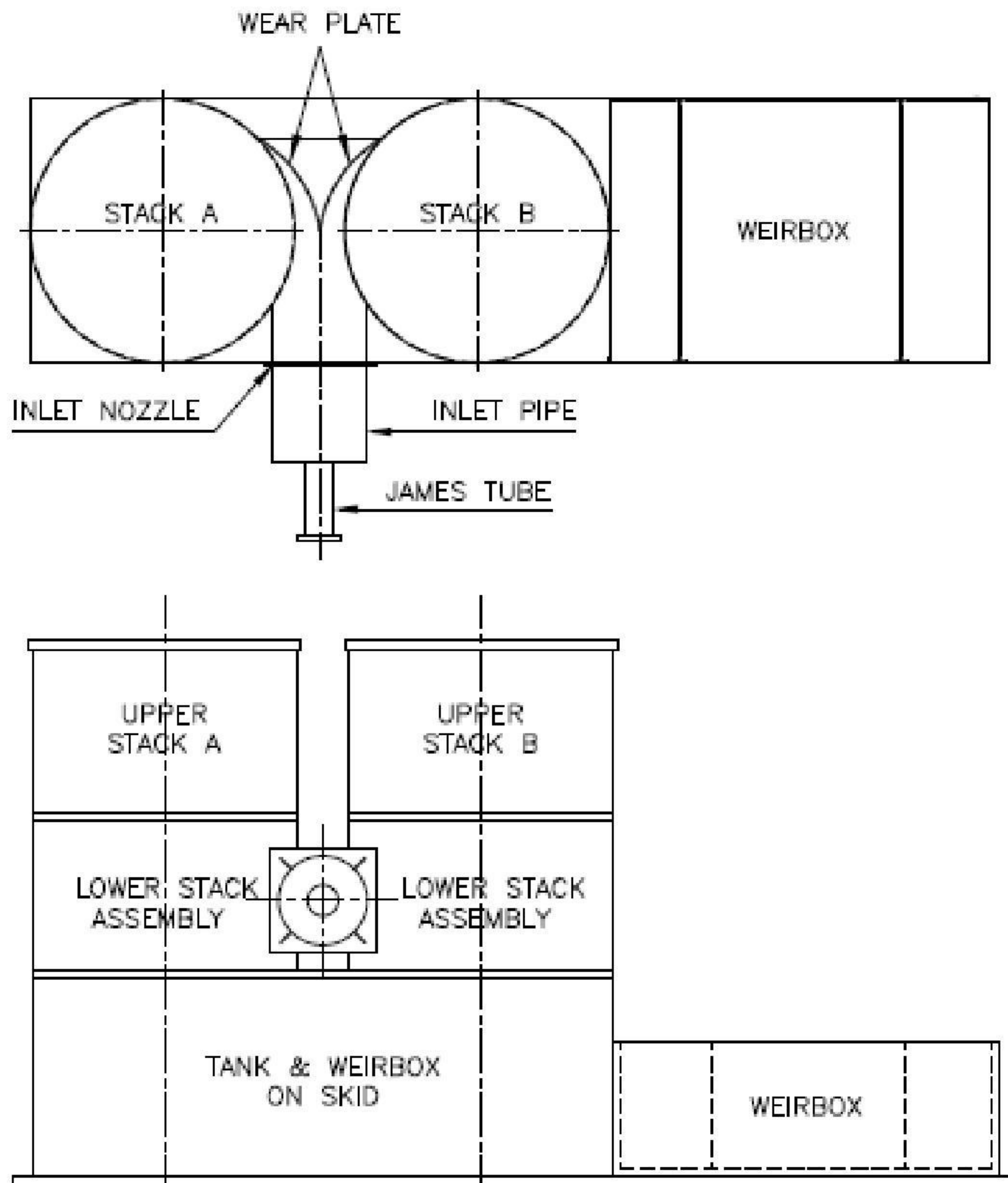
TKS = Tekanan Kepala Sumur
BL = *Bleeding Line*
P*lip* = Tekanan Pipa *lip*

**Gambar 1 - Sistematika peralatan uji alir metode pipa *lip***

### 4.1.1 Pipa *lip*

Pipa *lip* (James tube) harus dipasang pada bagian *inlet AFT* agar aliran fluida sumur panas bumi dapat diukur dengan menggunakan metode pipa James. Ukuran pipa *lip* ditentukan oleh penanggung jawab uji alir. Tekanan kritis pipa *lip* diukur menggunakan *pressure gauge* baik analog atau digital *recorder* atau *pressure transmitter*. Gambar 2 menunjukkan skema pipa *lip*.

**Gambar 2 - Pipa *lip***

### 4.1.2 Kriteria *AFT*

Separator atmosferik (*AFT*) memisahkan fraksi uap dan *brine* pada tekanan atmosferik. *AFT* yang sering digunakan bertipe siklon dengan *stack* tunggal atau ganda (jumlah *stack* disesuaikan dengan kapasitas yang dibutuhkan dan keterbatasan transportasi). Penggunaan tipe *AFT* yang lain dimungkinkan sepanjang *AFT* tersebut memiliki performa yang minimum sama dengan *AFT* tipe siklon yang dibuktikan dengan data perbandingan antara *AFT* tipe siklon dan *AFT* non siklon. Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan konfigurasi *AFT* siklon *stack* tunggal dan ganda untuk uji alir sumur panas bumi.

**Gambar 3 - Konfigurasi *AFT* siklon *stack* tunggal**

**Gambar 4 - Konfigurasi *AFT* siklon *stack* ganda**

Ukuran (diamater dan tinggi) *AFT* siklon ditentukan dengan mempertimbangkan kemungkinan aliran fluida paling besar dengan tetap memasukan faktor keamanan untuk mengakomodir adanya ketidakpastian data desain.

Kriteria minimum untuk mendesain *AFT* siklon dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1 - Kriteria desain *AFT***

| Parameter | Satuan | Nilai |
|---|---|---|
| Kecepatan pipa *inlet AFT* | m/s | ≤ 50 |
| Panjang pipa *inlet AFT* | m | ≥ 3 |
| *AFT Stack – Steam Upwards Velocity* | m/s | ≤ 5,5 |
| *Top Height/Diameter* (Z/D) | | 1,3 - 3 |
| *Bottom Height/Diameter* (B/D) | | 0,6 - 1 |
| Jumlah *stack* | | 1 atau 2 |

#### 4.1.2.1 Material

*AFT* harus dibuat dari *mild steel*.

#### 4.1.2.2 Pengelasan

Semua sambungan las bagian utama *AFT* harus menerus dan tidak terputus.

#### 4.1.2.3 Konstruksi

1. *Stack* harus didesain menjadi satu bagian utuh kecuali jika ada keterbatasan dalam transportasi *stack* dapat didesain menjadi beberapa bagian. Jika didesain lebih dari satu bagian, beberapa hal yang perlu dipertimbangkan antara lain:
   a. tipe sambungan untuk menggabungkan *stack* bagian atas dan bawah;
   b. kekuatan sambungan dan semua elemen sambungan harus mampu menahan gaya akibat angin, gempa, dan fluida kerja;
   c. *sealing system* yang diperlukan pada titik sambungan; dan
   d. penandaan untuk mempermudah proses penggabungan dari kedua bagian *stack*.
2. *AFT* harus didesain untuk dapat menahan gaya akibat angin, gempa, dan fluida dua fasa. S*tiffening ring* dapat dipasang di *stack* jika dibutuhkan.
3. Perancangan beban angin dan gempa untuk *AFT* harus disesuaikan dengan SNI 1726 dan SNI 1727.
4. *Stack* harus dilengkapi dengan *lifting lug* yang diposisikan pada dinding luar *AFT*.
5. *AFT* harus didesain tanpa *manhole*.
6. *AFT* harus memiliki saluran pembuangan untuk memastikan bahwa tidak ada *brine* yang terakumulasi di dalam *AFT* pada saat tidak digunakan.
7. *AFT* harus memiliki "*water seal mechanism*" untuk menghindari kemungkinan adanya uap yang mengalir ke saluran *brine*.

#### 4.1.2.4 *Inlet*

1. *Inlet nozzle* harus didesain sesuai dengan kondisi desain (*tangential* atau spiral).
2. Untuk *AFT* dengan *stack* ganda, *inlet nozzle* harus didesain untuk dapat mendistibusikan aliran fluida yang sama besar.
3. Sambungan baut harus digunakan untuk menggabungkan *inlet pipe* ke *inlet nozzle*.
4. Ujung *inlet pipe* harus ditopang untuk menahan berat dari *inlet pipe*.
5. Pipa *lip* tidak boleh dilas ke *inlet pipe* dan harus memiliki celah yang cukup antara pipa *lip* dan lubang pada plat *inlet pipe*. Saringan penutup (*mesh screen*) harus dipasang sebagai pelindung untuk personil jika celah antara pipa *lip* dan lubang pada plat *inlet pipe* melebihi 100 mm.

#### 4.1.2.5 *Outlet*

*AFT* harus mengalirkan *brine* ke *weirbox* atau alat ukur lain.

#### 4.1.2.6 Stabilitas dan *support*

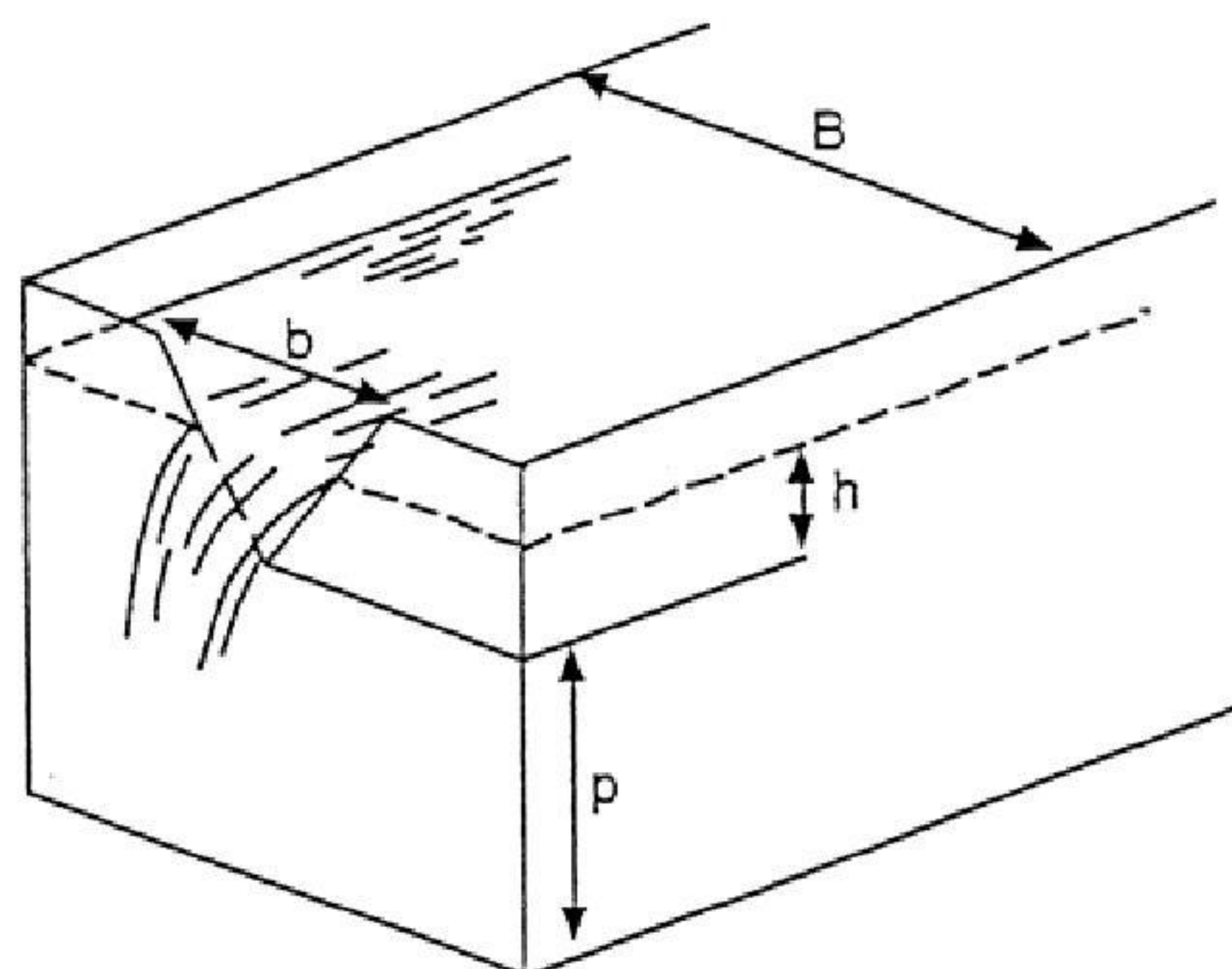
1. *AFT* harus diikat untuk menjaga stabilitas dari angin, gempa, dan fluida dua fasa. Untuk *AFT* yang portabel, tipe pengikat yang digunakan adalah model sling yang dipasang pada bagian atas *AFT* untuk diikat ke titik pengikatan di tanah.
2. *AFT* harus dipasang di atas permukaan tanah yang rata dan stabil.

#### 4.1.2.7 Pengecatan

1. Semua bagian dalam dan luar dari *AFT* kecuali bagian plat penahan keausan (*wear plate*) harus dicat untuk meminimalisir korosi.
2. Spesifikasi dan aplikasi sesuai dengan anjuran dari manufaktur (cat harus cocok untuk digunakan pada material karbon *steel* yang terpapar fluida panas bumi sampai 100 °C).

### 4.1.3 *Weirbox*

*Brine* hasil separasi yang terkumpul pada bagian bawah *AFT* akan dialirkan ke *weirbox* untuk diukur laju alirnya. Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat, *weirbox* harus didesain mengikuti beberapa kriteria perancangan sebagaimana pada Gambar 5, antara lain:

1. dimensi *weirbox* didapat dari perhitungan berdasarkan proses desain;
2. muka air pada bagian hilir dari *weir* minimum 60 mm di bawah ujung V-*notch*;
3. h/B ≤ 0,2;
4. h < 380 mm;
5. h/P ≤ 0,4;
6. P ≥ 450 mm;
7. B ≥ 1.000 mm;
8. bagian V dari *weir* harus terbuat dari jenis material minimum *mild steel* dan memiliki ketebalan antara 0,8 mm - 2 mm. Jika plat V memiliki ketebalan lebih dari 2 mm, maka sudut bagian hilir dari plat V dapat dibuat miring dengan sudut antara 45°-60° (dianjurkan 60°) hingga ketebalan yang dipersyaratkan tercapai;
9. *level gauge* direkomendasikan untuk dipasang pada *weirbox* untuk mempermudah pengukuran ketinggian *brine* di *weirbox*;
10. *weirbox* harus didesain sehingga pada kondisi aliran maksimum ketinggian muka air di *weirbox* tidak melebihi 90 % dari tinggi V-*nocth*;
11. material *weirbox* disesuaikan dengan material *AFT* akan tetapi untuk bagian V harus mengikut kriteria yang disebutkan angka 8 di atas; dan
12. *weirbox* dapat didesain terpisah atau terintegrasi dengan *AFT*.

**Keterangan gambar:**

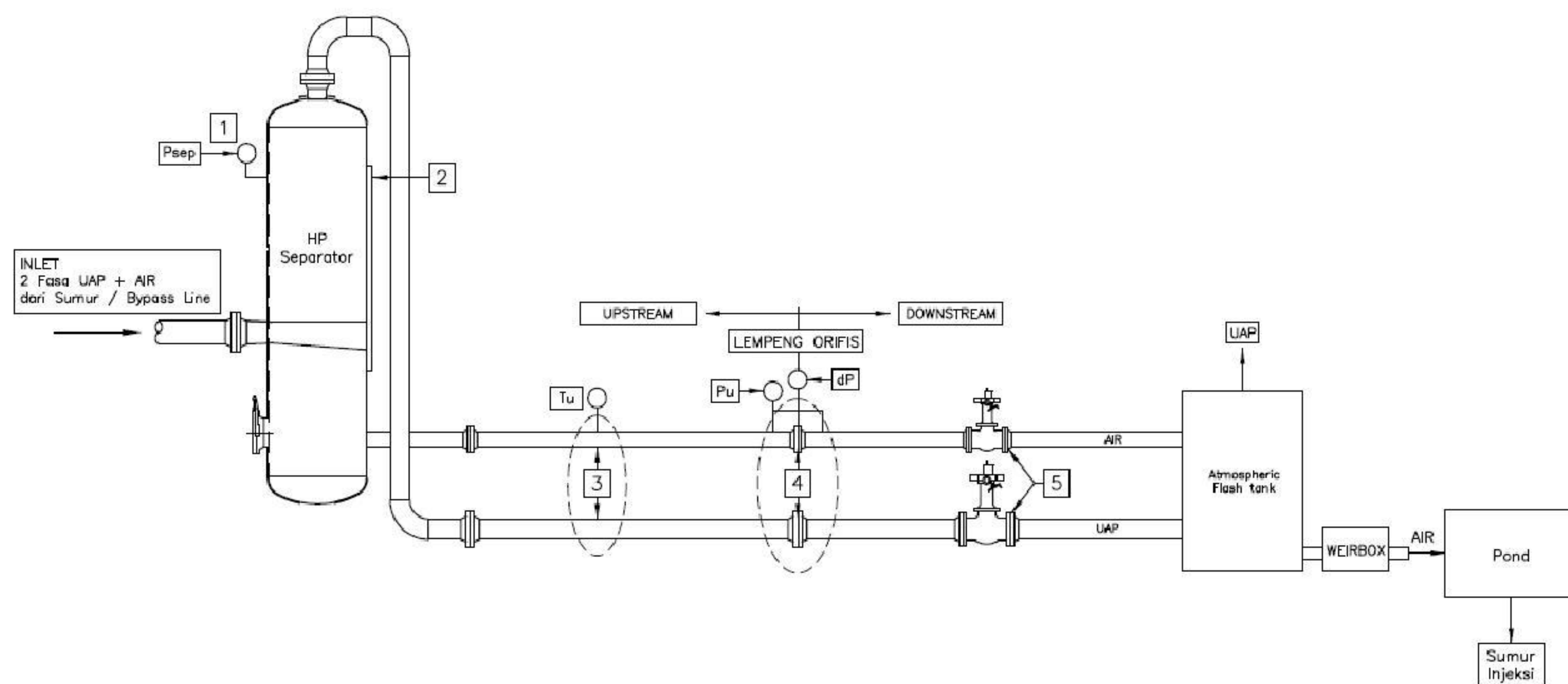
B adalah lebar *weirbox* (m)
h adalah jarak antara ujung V-*notch* dengan muka air (m)
p adalah jarak antara ujung V-*notch* dengan dasar *weirbox* (m)
b adalah lebar V-*notch* (m)

**Gambar 5 - 90° V-*notch weir* pada *weir box***

## 4.2 Metode lempeng orifis

Beberapa komponen utama dari uji alir metode lempeng orifis antara lain:

1. *master valve - valve* utama untuk isolasi sumur, tidak boleh digunakan untuk mengatur aliran;
2. *bleed line* – jalur pipa untuk membuang gas dan memanaskan sumur;
3. *FCV – valve* untuk mengatur aliran selama uji alir;
4. *two-phase flow line with sampling point* – jalur pipa untuk mengalirkan fluida dua fasa ke pipa *lip*, titik pengambilan sampel uap dan sampel *brine*;
5. *pressurized separator* – untuk memisahkan uap dan *brine;*
6. *rock muffler* – untuk meredam kebisingan;
7. lempeng orifis (*orifice plate*) – untuk mengukur laju alir; dan
8. *steam and brine lines* – untuk mengalirkan uap dan *brine* ke lempeng orifis.

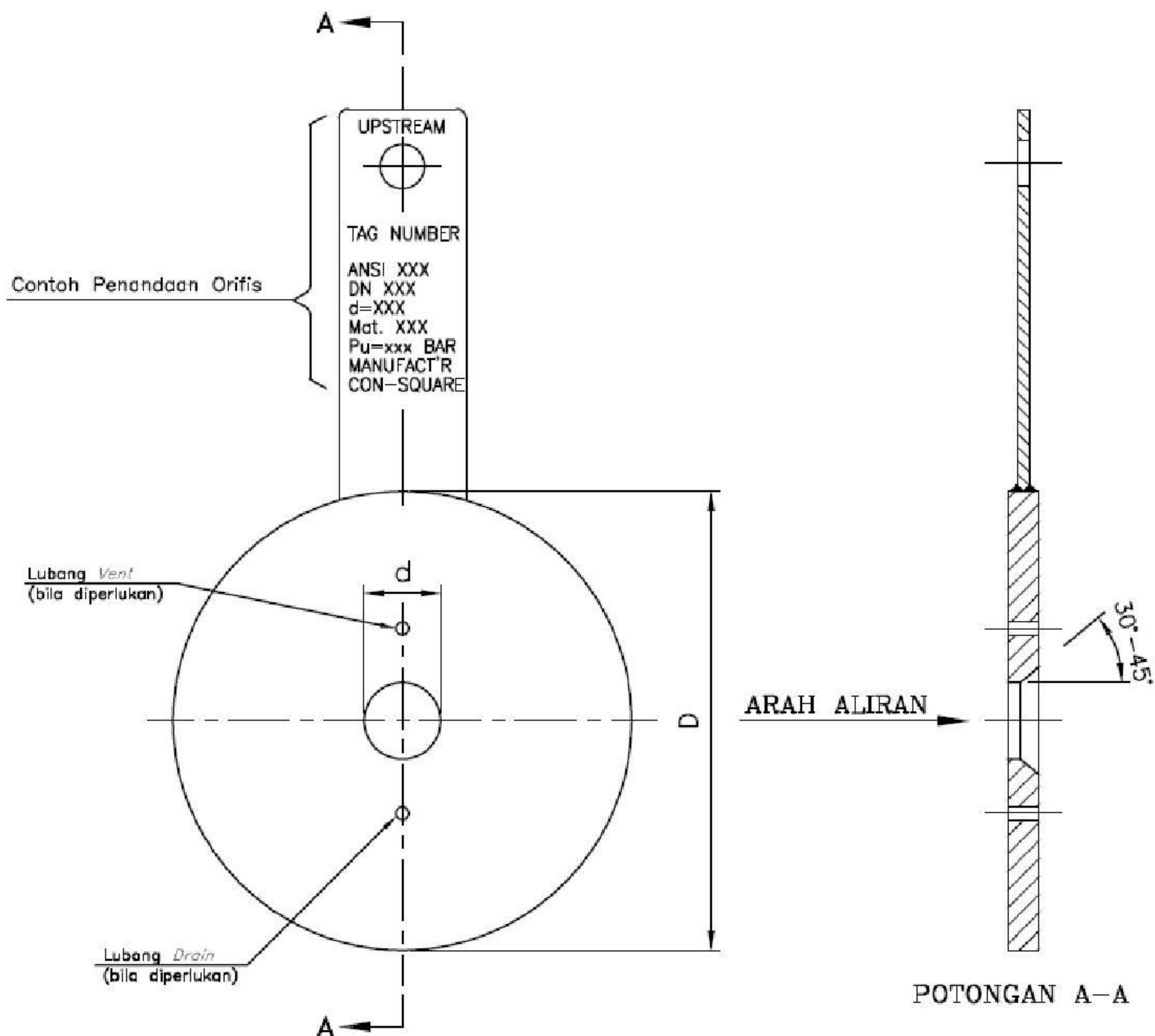
Gambar 6 menunjukkan sistematika peralatan uji alir metode lempeng orifis

**Keterangan gambar:**

1. separator *pressure gauge*
2. *level sight glass*
3. *thermowell & sampling port*
4. lempeng orifis, Pu, dan dP *gauge/transmitter*
5. *Flow Control Valve* (FCV)

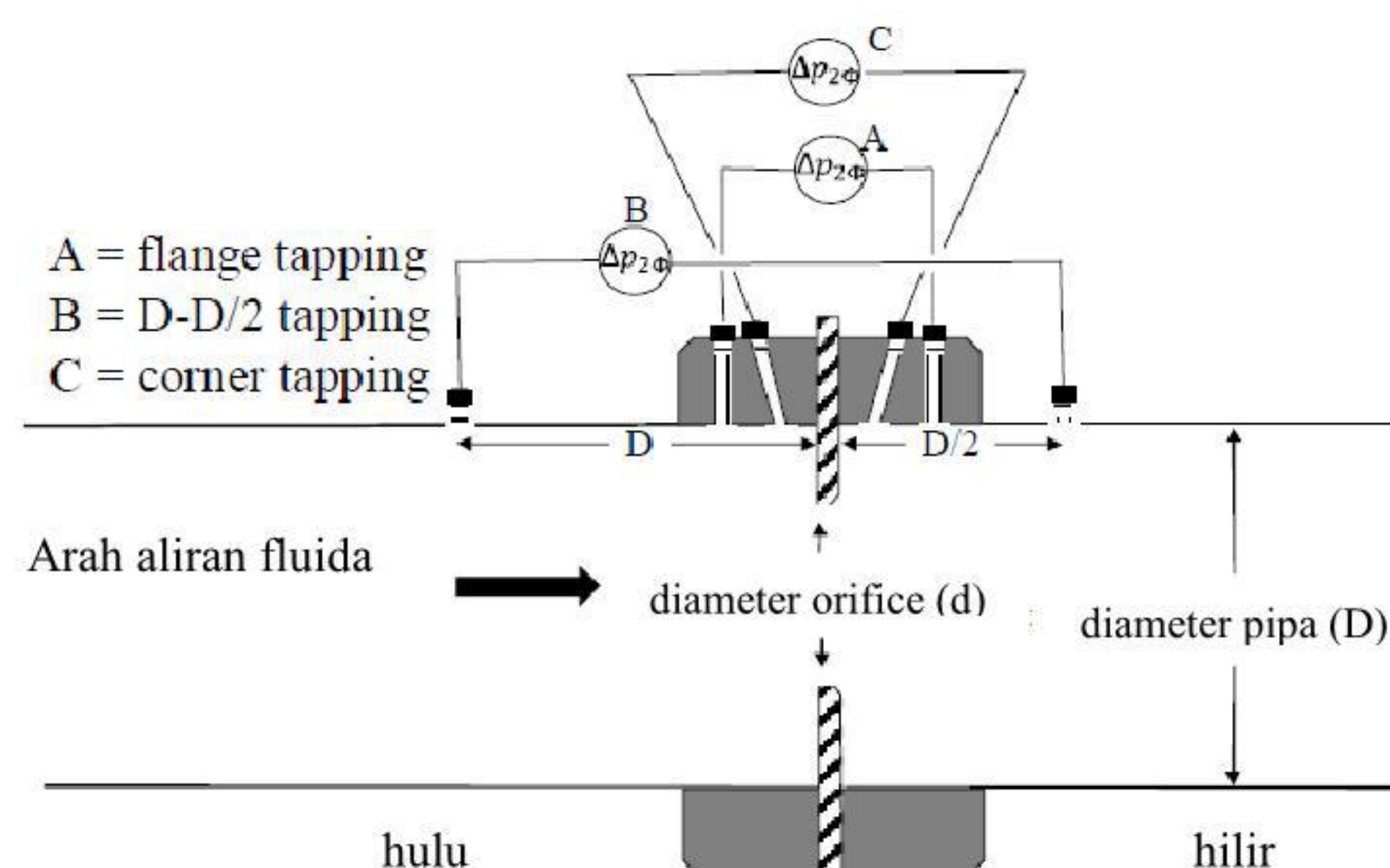
Tu = *Upstream Temperature*
Pu = *Upstream Pressure*
dP = *Differential Pressure*
Psep = *Separator Pressure*

**Gambar 6 - Sistematika peralatan uji alir metode orifis**

### 4.2.1 Spesifikasi lempeng orifis

Lempeng orifis dengan ujung runcing (*sharp edge*) adalah tipe orifis yang direkomendasikan untuk digunakan dalam pengukuran laju alir fluida panas bumi. Lempeng orifis tipe ini memiliki satu lubang dibagian tengah yang paralel terhadap pipa (*concentric*) sesuai dengan yang dipersyaratkan oleh standar ISO 5167-2. Lempeng orifis harus terbuat dari material *stainless steel* (SS316) dengan diameter lubang (d) minimum 12,5 mm. Perbandingan antara diameter lubang orifis (d) dengan diameter pipa alir (D) antara 0,1-0,7. *Rating* flensa untuk orifis harus didesain sesuai dengan kondisi aktual akan tetapi tidak boleh lebih rendah dari ANSI 300#. Gambar 7 memperlihatkan contoh lempeng orifis:

**Gambar 7 - Lempeng orifis**

### 4.2.1.1 *Pressure tapping*

Terdapat beberapa konfigurasi *pressure tapping* untuk orifis antara lain D dan D/2 *tapping*, *flange tapping* atau *corner tapping* seperti terlihat pada gambar 8. D dan D/2 adalah konfigurasi *pressure tapping* yang paling banyak digunakan di lapangan panas bumi karena telah terbukti menghasilkan data hasil pengukuran yang cukup akurat.

**Gambar 8 - Susunan *pressure tapping* pada lempeng orifis dengan ujung tajam**

#### 4.2.1.2 Lokasi pemasangan

Untuk mendapatkan hasil pengukuran selisih tekanan yang stabil dan akurat maka lempeng orifis harus dipasang pada jarak tertentu dari elemen pemipaan yang dapat mengakibatkan turbulensi. Jarak tersebut dinyatakan dalam minimum jarak pipa lurus yang dibutuhkan (*minimum straight run*) dan dapat mengacu kepada standar ISO 5167-2.

### 4.2.2 Separator bertekanan (*pressurized separator*)

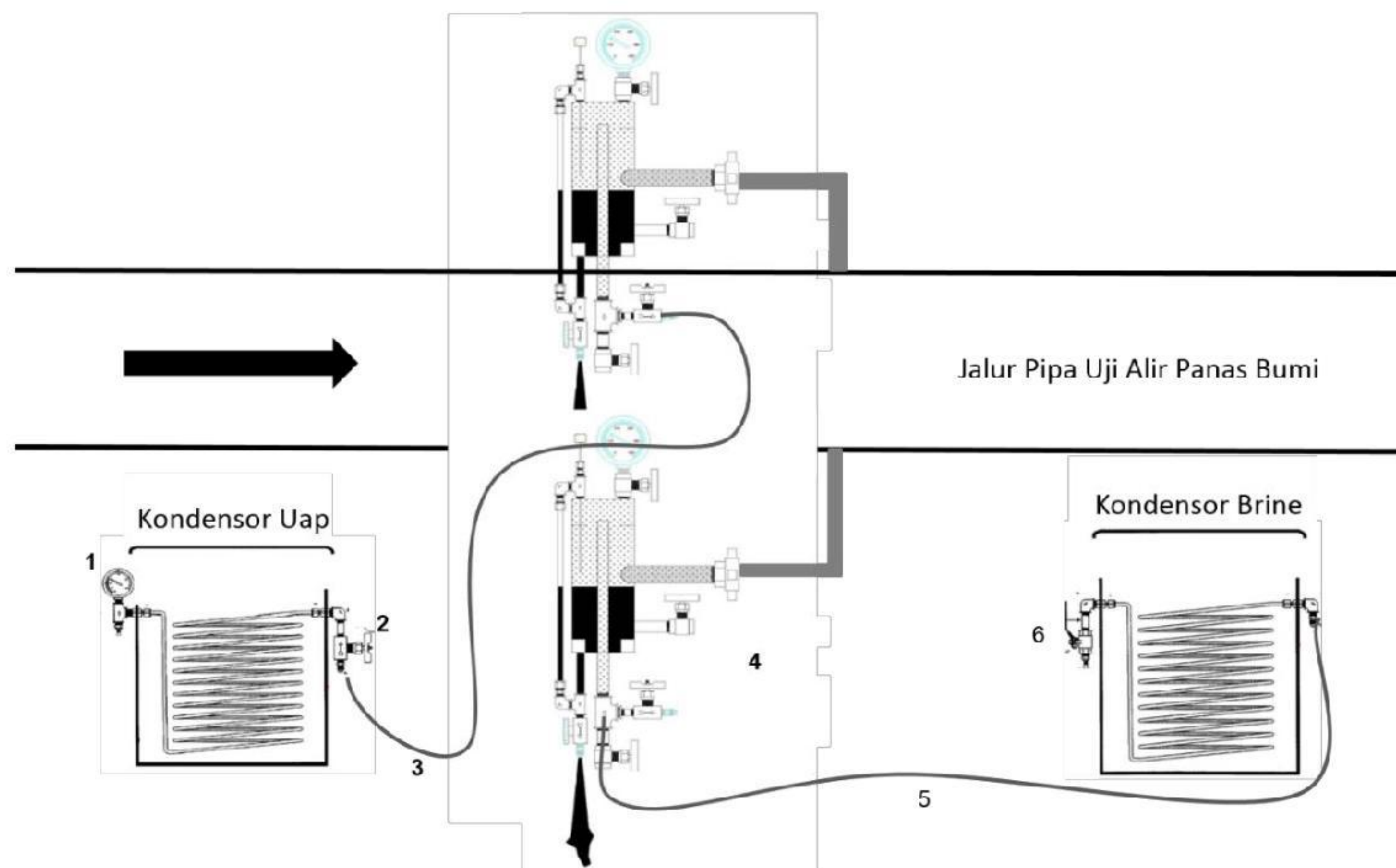
Separator bertekanan harus didesain untuk kondisi laju alir fluida maksimum dan telah melalui proses rekayasa rancang bangun sehingga memiliki efisiensi pemisahan (*separation efficiency*) dalam batasan yang masih dapat diterima oleh turbin uap. Separator bertekanan dapat didesain horizontal atau vertikal, dengan atau tidak adanya elemen tambahan di dalamnya dan memiliki *inlet nozzle* dengan bentuk tangential atau spiral.
Perancangan mekanis separator bertekanan harus mengikuti ASME BPVC Section VIII div 1. Beberapa desain kriteria utama yang perlu diperhatikan antara lain:
1. separator bertekanan harus didesain cukup kokoh untuk dapat menahan vibrasi dan aliran *slug*;
2. toleransi korosi minimum 3 mm (~0,1 mm/tahun);
3. dilengkapi dengan komponen tambahan (*lifting lug*) untuk mempermudah proses pengangkatan dan transportasi;
4. memiliki alat pengukur ketinggian *brine* (*level gauge*) di bawah *inlet* separator bertekanan;
5. *manhole* untuk akses saat pemeliharaan; dan
6. pengaman tekanan berlebih (*over pressure protection*) harus tersedia dan disesuaikan dengan kemampuan desain bejana bertekanan.

### 4.2.3 *Rock muffler*

Kompartemen utama dari *rock muffler* harus terbuat dari beton atau *mild steel* sedangkan *difusser* minimum harus terbuat dari pipa karbon yang dipersyaratkan pada pasal 5. Sistem pemipaan di dalam *rock muffler* harus didesain untuk dapat meminimalisir korosi yang terjadi ketika *rock muffler* tidak digunakan. *Rock muffler* harus didesain sehingga dapat memenuhi kriteria ambang batas kebisingan (*noise level*) yang dipersyaratkan.

## 4.3 Metode *Tracer Flow Testing* (*TFT*)

Beberapa komponen utama uji alir metode *TFT* antara lain:
1. *master valve* - *valve* utama untuk isolasi sumur, tidak boleh digunakan untuk mengatur aliran;
2. *FCV* – *valve* untuk mengatur aliran selama uji alir;
3. *two-phase flow line with sampling point* – jalur pipa untuk mengalirkan fluida dua fasa ke pipa *lip*, titik pengambilan sampel uap dan sampel *brine*;
4. *rock muffler* – untuk meredam kebisingan;
5. *tracer* - senyawa kimia perunut yang digunakan dalam pelaksanaan uji alir yang dapat dikenali melalui aktifitas radioaktif, fluorosensi, atau karakteristik lainnya;
6. peralatan injeksi – peralatan yang digunakan untuk injeksi *tracer* ke dalam sistem pipa;
7. mini separator (*webre*) - alat pemisah uap dan *brine* pada kondisi tekanan separasi;
8. kondensor – untuk mengondensasi uap atau mendinginkan *brine*;
9. *sample hose* – untuk mengalirkan fluida dari titik *sampling* ke mini separator; dan
10. *AFT* – untuk memisahkan uap dan *brine.*

Gambar 9 menunjukkan sistematika peralatan *sampling TFT*

**Keterangan gambar:**

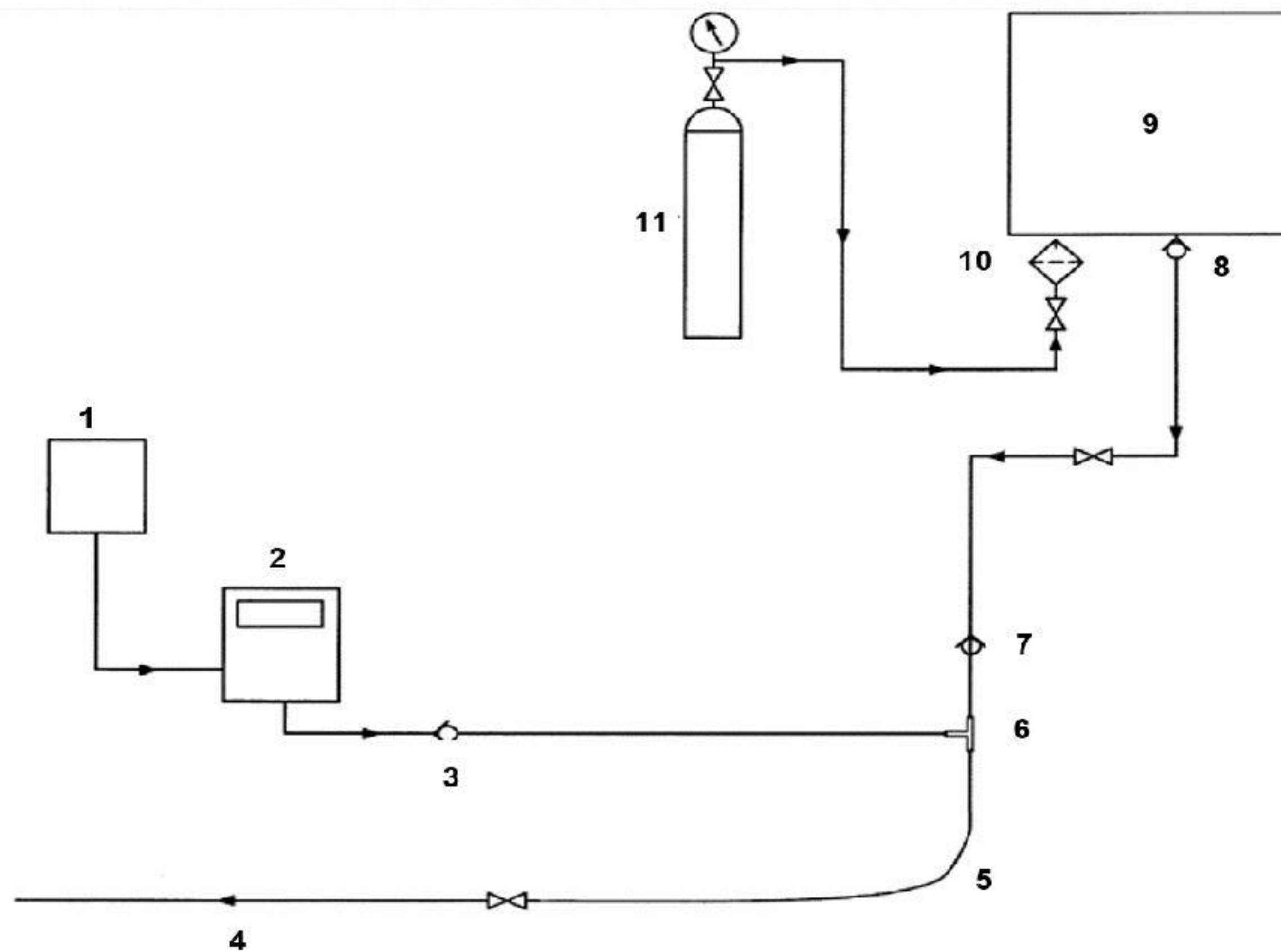
1. *pressure gauge outlet* kondensor uap
2. *valve pengatur* (*regulating valve*) kondensor uap
3. *braided stainless steel steam hose*
4. mini separator
5. *braided stainless steel brine hose*
6. *valve* pengatur (*regulating valve*) kondensor *brine*

**Gambar 9 - Sistematika peralatan *sampling TFT***

### 4.3.1 Kriteria pemilihan *tracer*

Pemilihan *tracer* dapat merujuk ke SNI 8662.

### 4.3.2 Peralatan injeksi

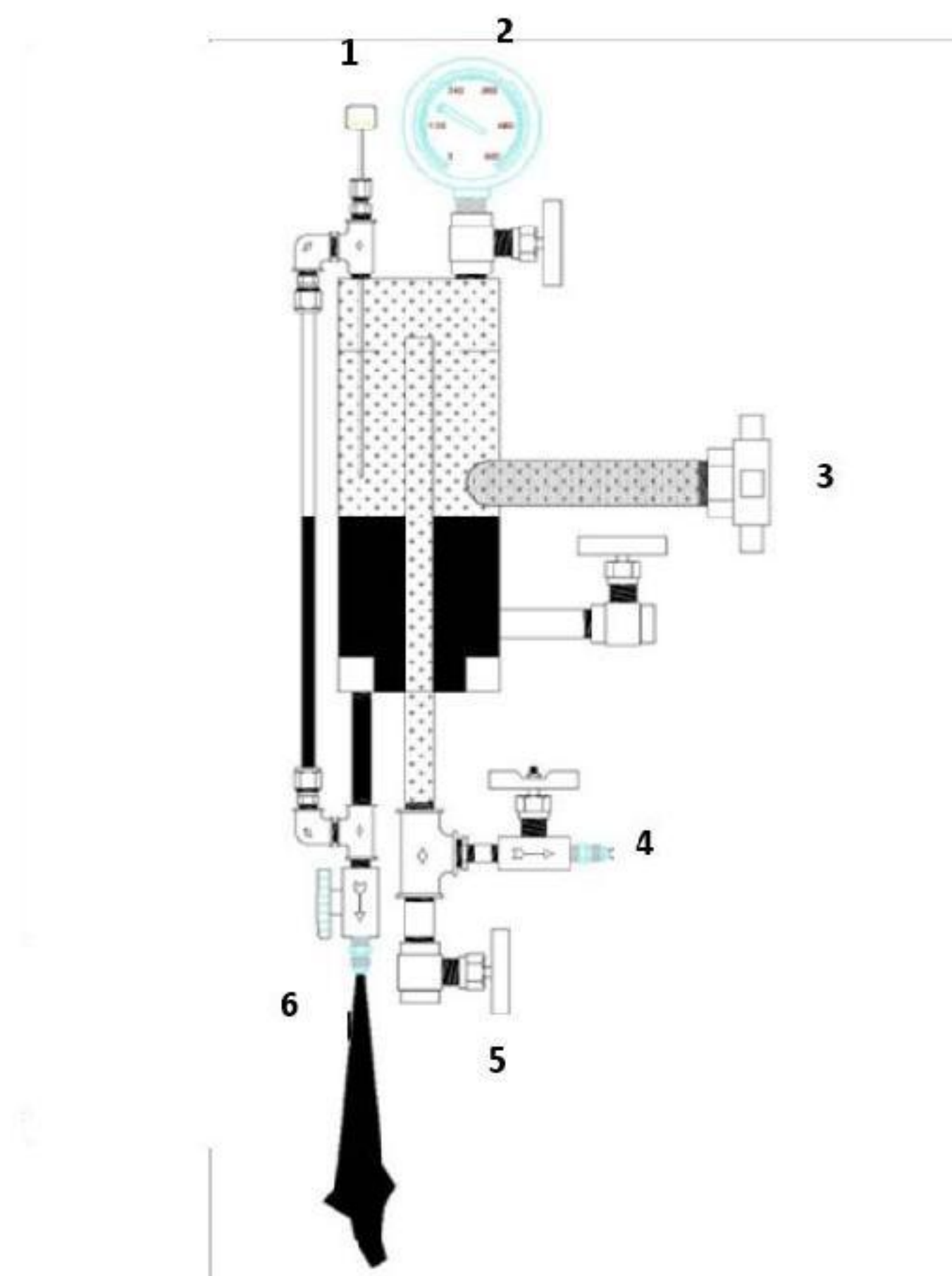
Peralatan Injeksi *TFT* terbagi menjadi dua bagian yaitu peralatan injeksi *tracer* fasa cair atau *liquid delivery system* (*LDS*) dan peralatan injeksi *tracer* fasa gas atau *Mass Flow Controller* (*MFC*). *LDS* terdiri dari pompa bertekanan tinggi dan presisi yang dapat mengukur laju alir injeksi *tracer* fasa cair per menit ke dalam pipa uji. *MFC* terdiri dari alat pengatur massa gas yang diinjeksikan ke dalam pipa uji. Injeksi kedua *tracer* tersebut dilakukan bersamaan menggunakan *probe* injeksi yang dilengkapi *stuffing box* dan *packing gland*. Skema peralatan injeksi seperti pada Gambar 10.

**Keterangan gambar:**

1. reservoir *tracer* cair *(liquid tracer reservoir)*
2. pompa injeksi *tracer* cair *(liquid tracer injection pump)*
3. *check valve*
4. probe injeksi *(injection probe)*
5. *flex hose*
6. *mixing tee*
7. *check valve*
8. *check valve*
9. sistem alat ukur *tracer* gas *(gas tracer metering system)*
10. penyaring *(filter)*
11. tabung *tracer* gas *(gas tracer cylinder)*

**Gambar 10 - Skematika sistem peralatan injeksi *TFT***

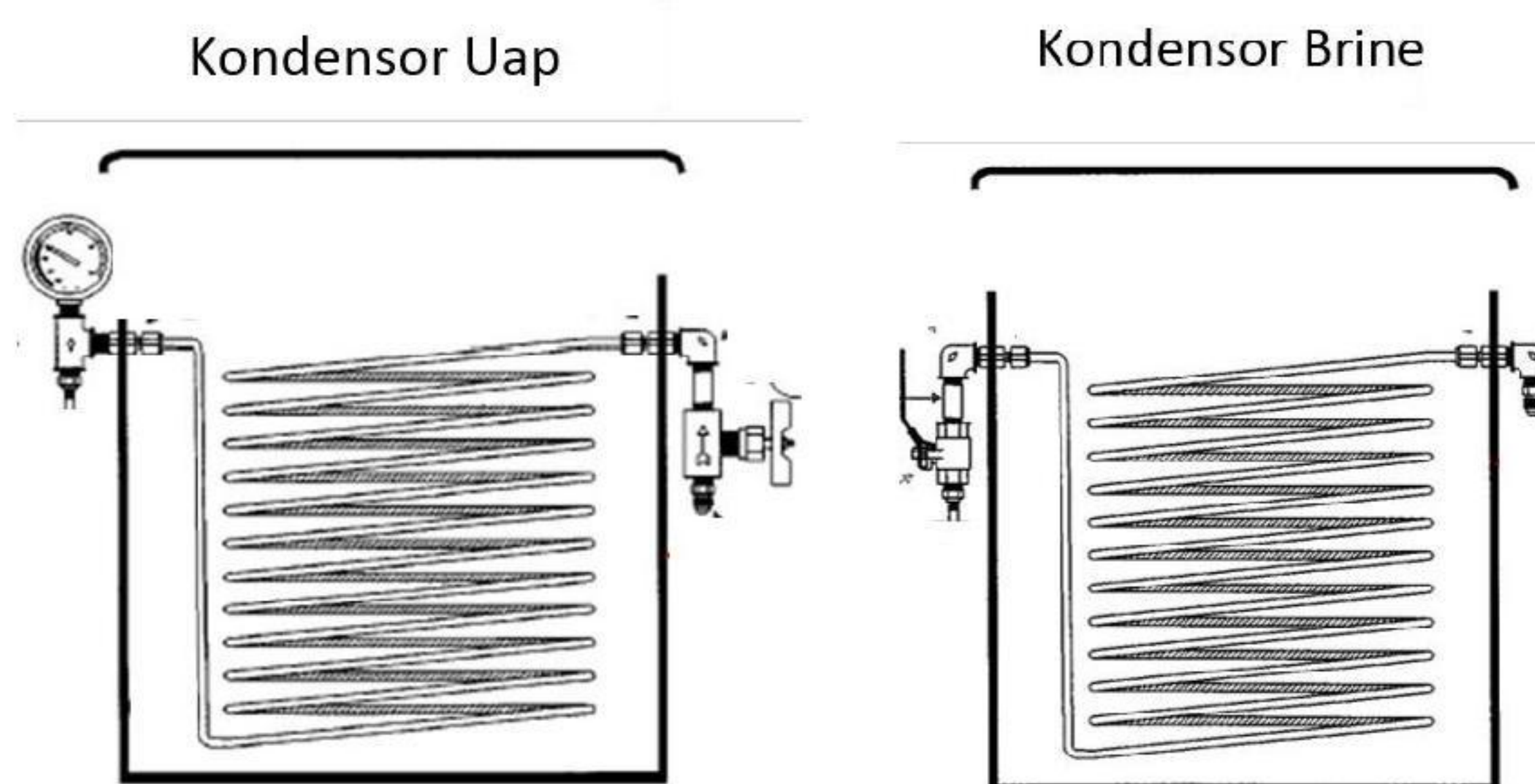
### 4.3.3 Mini separator (*webre*)

Mini separator disyaratkan vertikal tipe siklon yang memiliki minimum tekanan desain sama dengan kondisi tekanan maksimum pada titik pengujian. Desain mekanis dari mini separator harus mengikuti *ASME BPVC Section VIII div 1* sedangkan konfigurasinya harus mengacu ke *ASTM E 1675.*

Mini separator juga harus didesain untuk dapat dengan mudah dihubungkan secara langsung ke *port* sampel tanpa memerlukan alat khusus. *Pressure gauge* dan termokopel dipasang di atas mini separator sedangkan *valve sampling* uap dan *brine* dipasang di bawah mini separator. Gambar 11 memperlihatkan mini separator.

**Keterangan gambar:**
1. termokopel (*thermocouple*)
2. alat pengukuran tekanan (*pressure gauge*)
3. lubang pembuangan utama (*main vent valve*)
4. lubang *sampling* uap utama (*primary steam sampling valve*)
5. lubang pembuangan uap (*steam vent valve*)
6. lubang *sampling brine* (*brine sampling valve*)

**Gambar 11 - Mini separator (*webre*)**

### 4.3.4 Kondensor

Disarankan untuk memiliki dua set kondensor, satu untuk mengondensasikan uap dan satu lagi untuk mendinginkan *brine*. Kondensor berbentuk koil dan harus terbuat dari *tubing stainless steel* dengan diamater luar yang tidak boleh lebih dari 0,635 cm untuk kondensor uap dan 0,9525 cm untuk kondensor *brine*. Untuk kondesor uap dianjurkan untuk memasang *pressure gauge* pada bagian *outlet* dari kondensor dan *valve* pengatur (*regulating valve*) pada bagian *inlet* kondensor (Gambar 12). Untuk kondensor *brine*, disarankan untuk memiliki *valve* pengatur pada bagian *outlet* kondensor (Gambar 12).

**Gambar 12 – Kondensor**

#### 4.3.5 *Sampel hose*

*Hose "PFA-lined stainless steel braided"* minimum mampu menahan tekanan kerja maksimum pada titik pengambilan sampel. *Hose* untuk sampel uap dan *brine* terpisah untuk menghindari kontaminasi.

## 5 Desain sistem pemipaan

Kecuali dinyatakan berbeda dari pasal 4, desain kriteria sistem pemipaan untuk proses uji alir harus mengikuti kriteria yang dijelaskan pada pasal 5.

### 5.1 Standar desain

Standar desain untuk sistem pemipaan pada uji alir fluida panas bumi harus mengikuti *ASME B31.1 Power Piping.*

### 5.2 Konfigurasi pemipaan

Konsep desain sistem pemipaan untuk uji alir fluida panas bumi harus dibuat dan didokumentasikan. Dokumentasi harus berupa gambar yang berisi antara lain:
1. gambar dengan skala yang akurat;
2. memperlihatkan lokasi *wellhead*, *AFT, inlet nozzle*, dan komponen lain yang dibutuhkan antara lain *valve* dan flensa;
3. *single line* sistem pemipaan yang dipakai;
4. identifikasi semua *support* yang akan digunakan;
5. identifikasi titik "*discharge thrust load*"; dan
6. indikasi perkiraan *"thermal displacements*".

Desain peralatan uji alir harus kokoh untuk mengakomodasi adanya variasi aliran dan perubahan pola aliran dari fluida panas bumi serta harus selalu dicek ulang saat dioperasikan untuk mengnalisis kebenaran dari asumsi yang dipakai pada tahapan desain.

### 5.3 Denah pemipaan

Sistem pemipaan harus didesain agar jarak antara sumur dan *inlet AFT* sependek mungkin tetapi masih memperhitungkan jarak minimum untuk keperluan pengukuran (sesuai standar ISO 5176-2) dan *TFT* (15 meter antara titik injeksi sebelum *FCV* dan titik pengambilan sampel setelah *TFT*). Sepanjang dimungkinkan, sistem pemipaan uji alir dibuat lurus dari kepala sumur hingga ke *AFT*. Penyesuain (perubahan arah) yang dibutuhkan untuk mengakomodasi adanya keterbatasan koridor dan/atau fleksibilitas untuk mengakomodir pemuaian harus dilakukan seminimum mungkin. Jika sistem pemipaan uji alir akan digunakan juga untuk *TFT*, maka ketinggian pipa minimum 1 m dari permukaan tanah.

### 5.4 Beban pada sistem pemipaan

#### 5.4.1 Beban operasional

Sistem pemipaan uji alir harus didesain untuk dapat menahan kombinasi beban saat operasi yang diakibatkan oleh gravitasi (termasuk berat dari fluida), suhu, dan tekanan. Beban operasional juga harus memperhitungkan beban *thrust* yang mungkin terjadi. Beban *thrust* harus diaplikasikan pada ujung pipa *lip*. Besarnya beban *thrust* dapat dihitung dengan persamaan yang dipersyaratkan dalam ASME B31.1, dikali dengan koefisien beban dinamis (*dynamic load factor* (*DLF*)) sebesar 2.

### 5.4.2 Beban tak berkala (*occasional*)

Sistem pemipaan uji alir harus juga memperhitungkan adanya beban tak berkala sebagai tambahan dari beban operasional. Beban gempa dan beban angin disesuaikan dengan lokasi lapangan panas bumi. Khusus untuk beban angin secara umum dapat dinyatakan tidak ada pada sistem pemipaan. Beban tak berkala didesain sebagai beban yang bekerja sendiri-sendiri.

### 5.4.3 Beban getar dan beban *slug*

Pada aliran fluida dua fasa, khususnya saat uji alir, akan selalu ada potensi timbulnya hantaman (*slugging*) pada sistem pemipaan sebagai akibat dari adanya pola aliran *slug (slug flow)*. S*upport* sistem pemipaan harus kokoh untuk menahan beban akibat aliran *slug* dengan besar beban yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Beban } slug \text{ (N)} = \rho V A^2$$

**Keterangan:**

ρ adalah densitas fluida (kg/m$^3$)
V adalah kecepatan aliran *slug* (dapat diasumsikan ½ dari kecepatan relatif uap) (m/s)
A adalah luas penampang pipa (m$^2$)

Beban *slug* harus diperhitungkan pada setiap perubahan arah dari sistem pemipaan. Beban *slug* diaplikasikan sebagai vektor yang selaras dengan titik masuk dan keluar pada setiap belokan (*elbow*).

## 5.5 Kenaikan kepala sumur

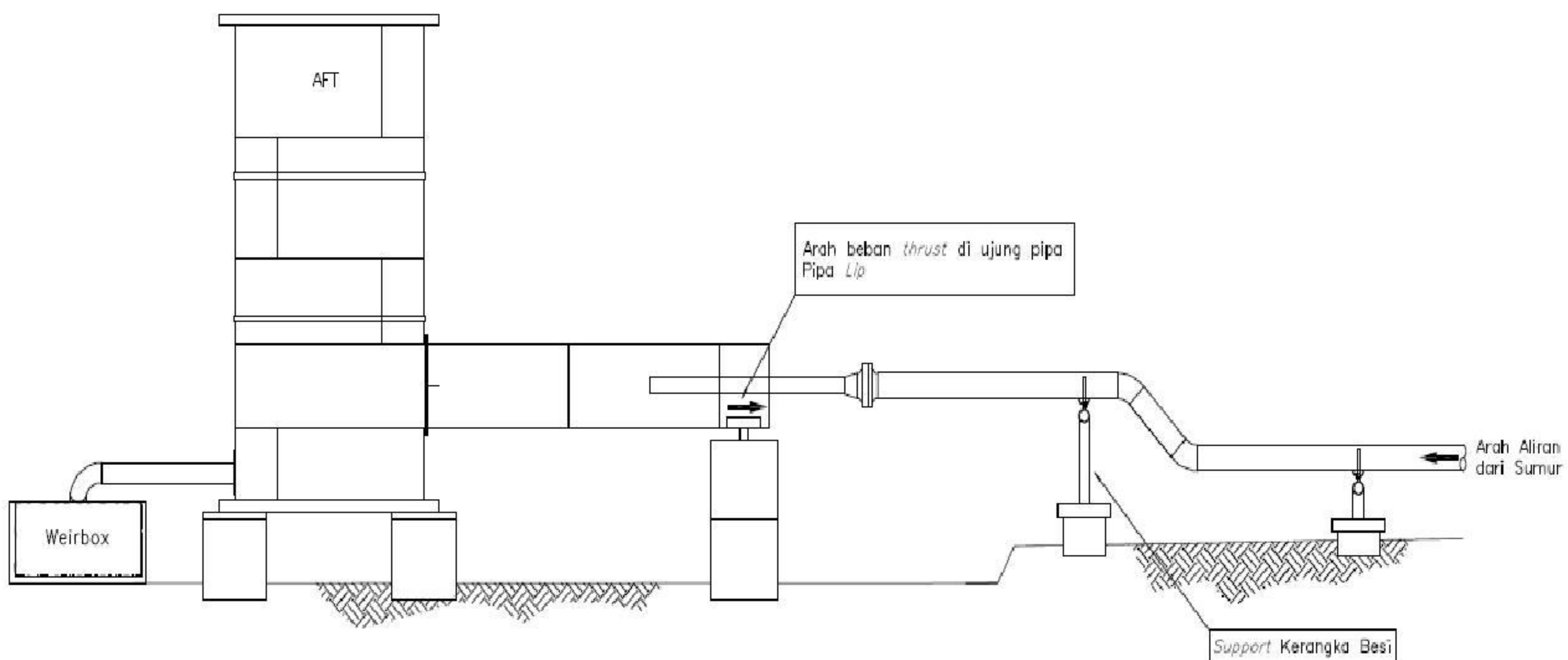
Kenaikan kepala sumur untuk tiap sumur yang akan diuji diinformasikan oleh penanggung jawab uji alir.

## 5.6 Toleransi korosi

Semua pipa yang terpapar fluida dua fasa selama proses uji alir harus memiliki toleransi korosi yang nilainya konsisten dengan perkiraan umur pipa tetapi tidak boleh lebih kecil dari 3,0 mm.

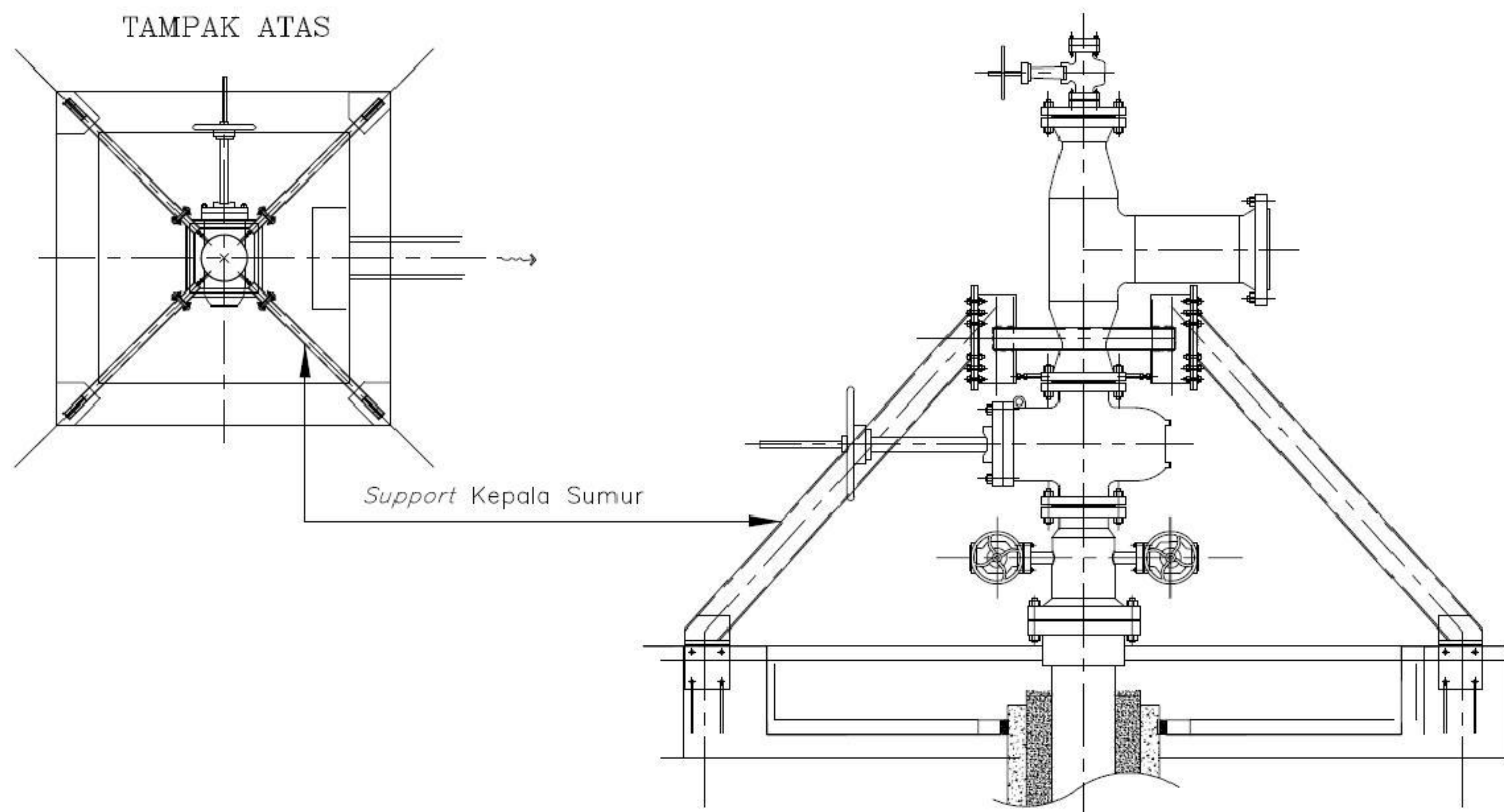
## 5.7 *Support* khusus uji alir

### 5.7.1 *Support* beban *thrust*

*Support* khusus harus didesain untuk menahan beban *thrust* yang ada pada ujung pipa *lip* sebagai akibat dari aliran fluida dua fasa yang keluar dari pipa *lip*. Dianjurkan untuk menggunakan *support* berupa kerangka besi (*structural frame*) yang terkunci ke pondasi yang tertanam. Opsi lain yang dimungkinkan terutama jika semua *support* dari sistem pemipaan bersifat sementara adalah dengan mengikat pipa *lip* ke pipa *inlet* dari *AFT* dengan *support* yang *rigid*. Jika ini dilakukan maka perlu dipastikan bahwa semua komponen *AFT* mampu menahan tambahan beban yang diakibatkan oleh beban *thrust*. Penggunaan tali kawat baja harus mengikuti syarat pada 5.11 komponen *rigging*. Gambar 13 menunjukkan arah beban *thrust*

**Gambar 13 - Arah beban *thrust***

Pendekatan yang lebih konservatif harus dilakukan dalam mendesain *support* untuk beban *thrust* dikarenakan kegagalan dari *support* ini untuk menahan beban yang ada dapat menyebabkan kegagalan yang serius dikarenakan besarnya gaya yang dihasilkan dari fluida yang keluar dari pipa *lip*. Desain *support* beban *thrust* disarankan tidak hanya mengandalkan pada gaya gravitasi dan gaya gesek untuk menahan beban *thrust*.

### 5.7.2 *Support* kepala sumur

*Support* harus dipasang di kepala sumur untuk mencegah terjadinya deformasi pada bagian kepala sumur sebagai akibat dari beban yang dihasilkan oleh sistem pemipaan. Gambar 14 menunjukkan *support* kepala sumur.

**Gambar 14 - *Support* kepala sumur**

## 5.8 Metode Analisis

### 5.8.1 Analisis sederhana

Analisis sederhana adalah perhitungan manual yang dilakukan untuk menghitung gaya-gaya yang bekerja dalam sistem pemipaan. Khusus untuk *support* beban *thrust*, beban yang digunakan untuk analisis adalah hanya beban *thrust* yang terdapat pada ujung pipa *lip*.

### 5.8.2 Analisis tegangan pipa (*Pipe Stress Analysis (PSA)*)

*PSA* adalah analisis yang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) yang sesuai. *PSA* memungkinkan dilakukannya analisis sistem pemipaan yang lebih komplek sehingga *PSA* harus dilakukan untuk memverifikasi hasil dari analisis sederhana.

### 5.8.3 Laporan hasil desain

Laporan desain harus berisi hasil analisis sederhana dan *PSA* yang menjelaskan sistem pemipaan, semua parameter desain dan kesimpulan. Adapun hal-hal yang perlu dicantumkan dalam laporan hasil desain antara lain:

1. penjelasan mengenai analisis yang digunakan;
2. semua asumsi yang digunakan dalam analisis;
3. salinan semua perhitungan;
4. gambar denah sistem pemipaan;
5. gambar *support*;
6. instruksi khusus pada saat instalasi (jika dibutuhkan); dan
7. pernyataan kesesuaian dengan standar (*statement code compliance).*

## 5.9 Batasan pemilihan komponen pemipaan

### 5.9.1 Pipa

1. Material pipa harus minimum *seamless carbon steel* dengan spesifikasi:
   a. *ASTM A106 Grade B;*
   b. *API 5L Grade B;* atau
   c. *A53 Grade B.*
2. Tidak ada alat pengaman tekanan berlebih kecuali dinyatakan perlu oleh penanggung jawab uji alir berdasarkan hasil kajian analisis bahaya.
3. Pipa harus diperiksa ulang sebelum digunakan untuk kegiatan uji alir untuk memastikan bahwa ketebalan pipa masih sesuai dengan yang dipersyaratkan.

### 5.9.2 Flensa

1. Flensa harus sesuai dengan standar ASME B16.5 dan bertipe *ring type joint* (*RTJ*) atau *raised face* (*RF*).
2. Flensa dianjurkan *weld neck* untuk pipa dengan diameter DN50 dan lebih besar, tetapi tipe *slip on* juga dapat digunakan.
3. Flensa *socket welded* hanya digunakan untuk pipa berdiameter DN40 atau lebih kecil. Flensa dengan sambungan ulir tidak disarankan untuk dipakai.

#### 5.9.3 *Valve*

1. Semua *valve* harus dapat diakses untuk keperluan operasi dan pemeliharaan.
2. *Gate valve* cocok sebagai *valve* isolasi tetapi dimungkinkan juga dipakai sebagai *valve* pengatur laju alir (FCV) dari fluida dua fasa hanya untuk kegiatan uji alir. *Valve* tipe lain yang memiliki fungsi khusus untuk pengaturan antara lain V-*notch gate/ball valve* dan *butterfly triple offset* dianjurkan untuk digunakan sebagai FCV.
3. Bagian dalam *FCV* akan mengalami kerusakan setelah dipakai dalam uji alir sehingga perlu dilakukan pengecekan sebelum digunakan kembali.
4. *Valve* bertipe *gate* atau *ball* dengan koneksi *socket weld* atau ulir, berukuran DN15 sampai DN25, hanya digunakan sebagai *valve* isolasi untuk keperluan instrumentasi dan *TFT*.

#### 5.9.4 *Fittings*

1. *Fitting* untuk pipa berdiameter DN50 atau lebih besar harus *butt welded*.
2. *Fitting* DN40 atau lebih kecil harus *socket welded*, kecuali untuk *fitting* berdiameter DN15 sampai DN25.
3. Percabangan dimana ukuran pipa utama melebihi 2 kali pipa percabangan harus menggunakan *weldolet* atau *sockolet*.
4. *Elbow* harus bertipe *long radius* (radius 1,5 D).

#### 5.9.5 Baut dan mur

Dimensi baut dan mur harus mengacu pada standar ASTM A193 dan ASTM A194.

### 5.10 *Support*

1. Kepala sumur dan pemipaan harus ditopang dengan baik sehingga dapat menahan beban yang terjadi sebagai akibat kenaikan kepala sumur, beban *thrust* dan beban lainnya.
2. Penentuan spesifikasi *support* untuk uji alir harus berdasarkan metode analisis pada 5.8.
3. Rangka besi baik yang bersifat permanen atau sementara dianjurkan untuk digunakan menjadi *support* sistem pemipaan uji alir.
4. *Support* rangka besi harus didesain agar bagian atas *support* ini dapat mengunci pipa sehingga getaran yang mungkin terjadi pada sistem pemipaan selama uji alir dapat diminimalisir.
5. *Support* harus dapat diatur ketinggiannya untuk mengakomodir perbedaan ketinggian disetiap tempat uji alir dan untuk menyesuaikan tinggi *support* agar dapat mengikuti kenaikan kepala sumur.

### 5.11 Komponen *rigging*

1. Jika kawat baja digunakan sebagai *support* maka harus mengikuti kriteria yang dipersyaratkan dalam standar SNI 0076, ASME B30.26, EN-13411, dan ASTM F1145. Minimum faktor keselamatan sebesar 5 harus digunakan sebagai batasan desain dan pemilihan semua komponen *rigging*.
2. Spesifikasi dari komponen *rigging* harus menjelaskan dengan detail mengenai material, beban maksimum, ukuran, dan standar acuan.
3. Spesifikasi, pengadaan, dan pemasangan dari semua komponen *rigging* harus mengikuti standar yang disebutkan pada angka (1) dan petunjuk dari manufaktur.
4. Hanya *turnbuckle* dengan ujung *eyes, jaws,* dan *eye* dan *jaw* yang dapat digunakan. *Shackles* yang memiliki minimum rating yang sama dengan *turnbuckles* harus digunakan untuk menghubungkan *turnbuckle* dengan ujung *eyes* ke titik pengikatan.

## 6 Instrumentasi

### 6.1 *Pressure gauge* dan *differential pressure gauge*

*Pressure gauge* atau *pressure tranducer* dapat digunakan sebagai alat pengukur tekanan dalam kegiatan uji alir. Skala penuh dari alat pengukur tekanan tidak boleh melebihi dua kali dari kebutuhan pembacaan. Alat pengukur tekanan yang digunakan harus memiliki akurasi sama dengan *class* 2A (± 0,5 % skala penuh sesuai dengan ASME B40).

### 6.2 Termokopel

Termokopel dengan tipe *probe plug-in* yang memiliki akurasi ± 0,6 °C. Material termokopel harus memiliki ketahanan terhadap korosi dan abrasi yang diakibatkan oleh fluida panas bumi.

## Bibliografi

[1] API 6D, *Specification for Pipeline Valves (Gate, Plug, Ball, and Check Valves).*

[2] ASCE 7-10, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.*

[3] ASTM A36, *Specification for Carbon Structural Steel.*

[4] ASTM (1993): *American Society for Testing and Materials. ASTM D5242. Standard method for open channel flow measurement of water with thin-plate weirs. 1993*.

[5] Grant, M.A. and Bixley, P. F. (2011): *Geothermal Reservoir Engineering, 2nd Edition, Academic Press*.

[6] Helbig, S. and Zarrouk, S. J., (2012): *Measuring two-phase flow in geothermal pipelines using sharp edge orifis plates. Geothermics, 44, 52-64.(udpate 2012).*

[7] Hirtz, P.N, Kunzman, R.J., Broaddus, M.L., and Barbitta, J.A., (2001): *Development in Tracer flow Testing for Geothermal Production Engineering. Geothermics, 30, 727-745.*

[8] James, R., (1962): *Steam-water critical flow through pipes*.

[9] Lovelock B.G. and Stowell A. (2000): *Mass flow measurement by alcohol tracer dilution. Proc. World Geothermal Congress. Japan. May 2000*.

[10] Miller, R., (1996): *Flow Measurement Engineering Handbook*.

[11] USBR (1997): *U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Water Measurement Manual, 3rd Edition*.

## Informasi pendukung terkait perumus standar

**[1] Komite Teknis perumus SNI**

Komite Teknis 27-05, Panas Bumi

**[2] Susunan keanggotaan Komite Teknis perumus SNI**

Ketua : Sayogi Sudarman
Wakil Ketua : Roni Chandra Harahap
Sekretaris : Ibnul Riyanto
Anggota :
1. Rina Wahyuningsih
2. Alfeus Yunivan Kartika
3. Suryadarma
4. Prihadi Sumintadireja
5. Agus Aromaharmuzi Zuhro
6. FX. Yudi Indrinanto
7. Aditya Hernawan
8. Robi Irsamukhti
9. Hendra Yu Tonsa Tondang
10. Yodha Yudhistra Nusiaputra

**[3] Konseptor rancangan SNI**

1. Direktorat Panas Bumi, Ditjen Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi
2. Sayogi Sudarman
3. Tri Mulyanto
4. Hariyanto
5. Nurlianto
6. Ali Fahrurrozie
7. Budi Nur Arifien

**[4] Sekretariat pengelola Komite Teknis perumus SNI**

Direktorat Panas Bumi, Ditjen Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi
Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM)